

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Jig & Fixtures*

a. Definisi *Jig*

Jig adalah peralatan yang digunakan untuk mengarahkan satu atau lebih alat potong pada posisi yang sama dari komponen yang serupa dalam suatu operasi pemotongan tertentu. *Jig* merupakan peralatan yang tidak terikat secara tetap dengan mesin utama. Jenis *jig* yang banyak digunakan dalam industri adalah *boring* dan *reaming*.

b. Definisi *Fixture*

Fixture adalah suatu alat bantu untuk menempatkan benda kerja saat proses pengerjaan dengan mesin. Biasanya alat ini terikat tetap pada meja mesin. Berdasarkan jenis operasinya, *fixture* umumnya dipergunakan pada proses permesinan seperti *milling*, *assembling*, *drilling*, *marking* serta *tapping fixture*.

2.2 Pengertian *Press Tool*

Press tool adalah peralatan yang mempunyai prinsip kerja penekanan dengan melakukan pemotongan, pembentukan atau gabungan dari keduanya. Peralatan ini digunakan untuk membuat produk secara massal dengan produk *output* yang sama dalam waktu yang relatif singkat.

2.3 Klasifikasi *Press Tool*

Press tool dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam menurut proses pengerjaan yang dilakukannya pada *die*, yaitu: *simple tool*, *compound tool* dan *progressive tool*.

a. *Simple tool*

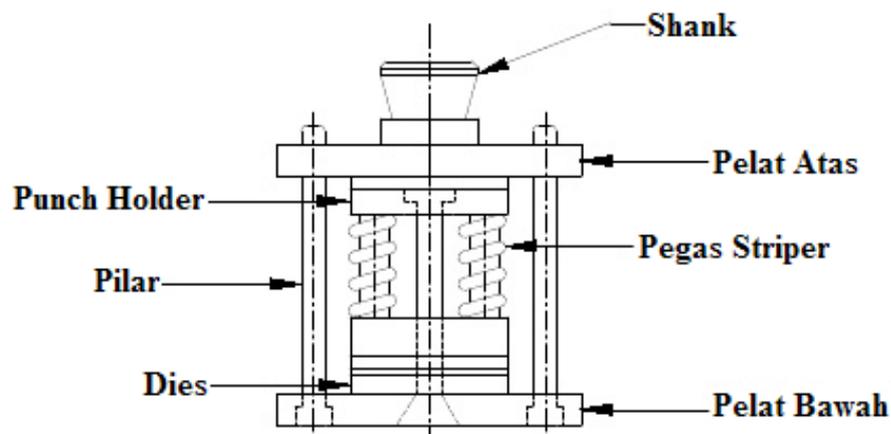
Simple tool adalah jenis dari *press tool* yang paling sederhana, dimana hanya terjadi satu proses pengerjaan dan satu *station* dalam satu alat. Pemakaian jenis *simple tool* ini mempunyai keuntungan dan kerugian.

Keuntungan *simple tool*:

- Dapat melakukan proses pengerjaan tertentu dalam waktu singkat.
- Konstruksinya relatif sederhana.
- Harga alat relatif murah.

Kerugian *simple tool*:

- Hanya mampu melakukan proses-proses pengerjaan untuk produk yang sederhana sehingga untuk jenis pengerjaan yang rumit tidak dapat dilakukan oleh jenis *press tool* ini.
- Proses pengerjaan yang dapat dilakukan hanya satu jenis saja.



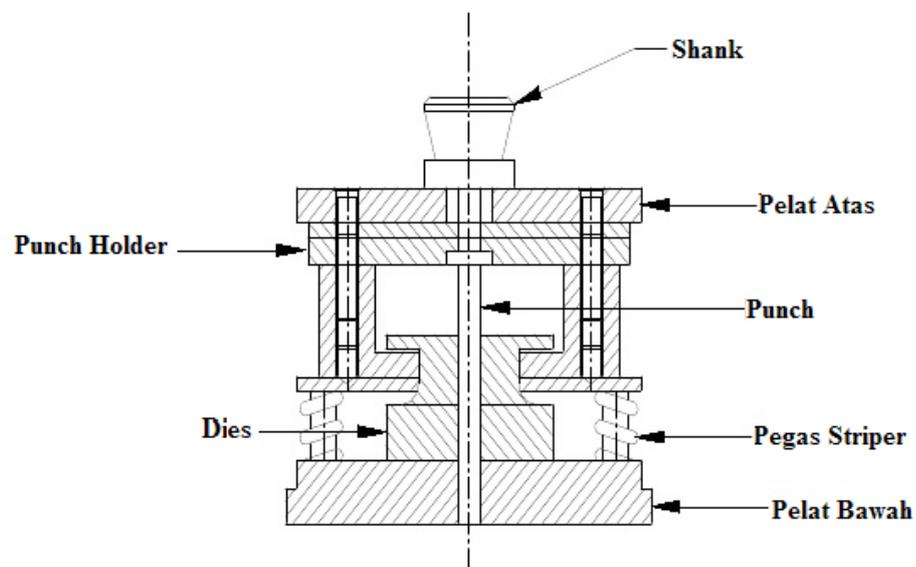
Gambar 2.1 *Simple tool*

b. *Compound tool*

Pada *press tool* jenis ini, dalam penekanan pada satu *station* terdapat lebih dari satu pengerjaan, dimana proses pengerjaannya dilakukan secara serentak. Pemakain jenis *compound tool* ini juga mempunyai keuntungan dan kerugian.

Keuntungan *compound tool*

- Dapat melakukan beberapa proses pengerjaan dalam waktu yang bersamaan pada *station* yang sama.
- Kerataan dan kepresisian dapat dicapai
- Hasil produksi mempunyai ukuran yang lebih teliti
- Kerugian *compound tool*
- Kontruksi dies menjadi lebih rumit.
- Terlalu sulit untuk mengerjakan material yang tebal.
- Dengan beberapa proses pengerjaan dalam satu *station* menyebabkan perkakas menjadi lebih cepat rusak.



Gambar 2.2 *Compound tool*

c. *Progressive tool*

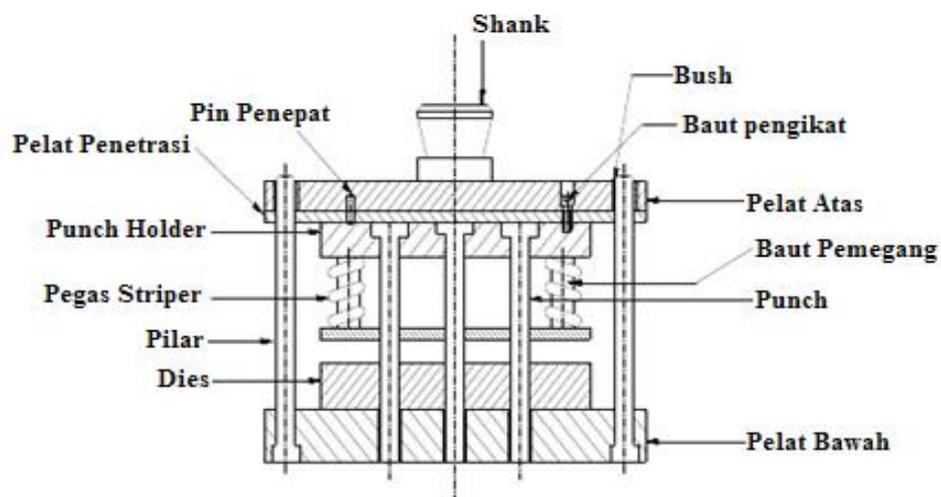
Progressive tool merupakan peralatan tekan yang menggabungkan sejumlah operasi pemotongan atau pembentukan lembaran logam pada satu atau lebih *station* kerja, selama setiap langkah kerja membentuk suatu produk jadi.

Keuntungan *progressive tool*:

- Dapat diperoleh waktu pengerjaan yang relatif singkat dibandingkan *simple tool*.
- Pergerakan menjadi lebih efektif.
- Dapat melakukan pemotongan bentuk yang rumit pada langkah yang berbeda.

Kerugian *progressive tool*:

- Ukuran alat lebih besar bila dibandingkan *simple tool* dan *compound tool*.
- Biaya perawatan besar.
- Harga relatif lebih mahal karena bentuknya rumit.



Gambar 2.3 *Progressive tool*

2.4 Jenis-jenis Pengerjaan Pada *Press Tool*

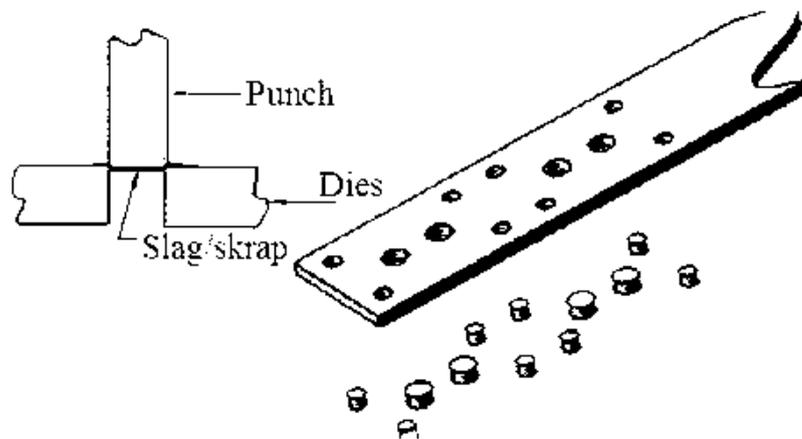
Berdasarkan proses pengerjaannya, *press tool* dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu :

2.4.1 *Cutting Tool*

Yaitu suatu proses pengerjaan yang dilakukan dengan cara menghilangkan sebagian material atau pemotongan menjadi bentuk yang sesuai dengan keinginan. Adapun proses yang tergolong dalam *cutting tool* ini adalah sebagai berikut:

a. *Piercing*

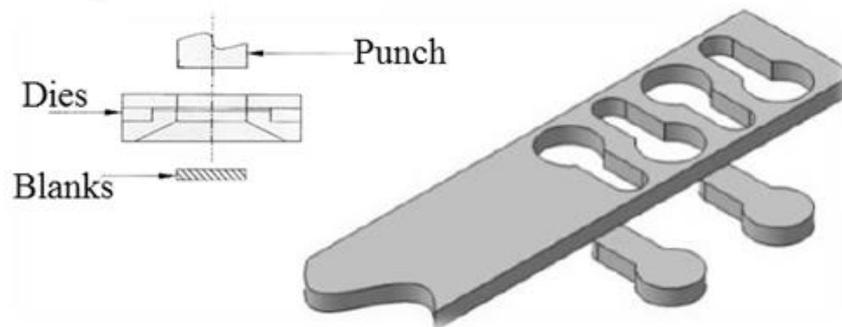
Piercing adalah proses pemotongan material oleh *punch* dengan prinsip kerjanya sama dengan proses *blanking*, namun seluruh sisi potong *punch* melakukan proses pemotongan. Pada alat ini proses *piercing* adalah *punch* untuk membuat lubang.



Gambar 2.4 Proses *piercing*

b. *Blanking*

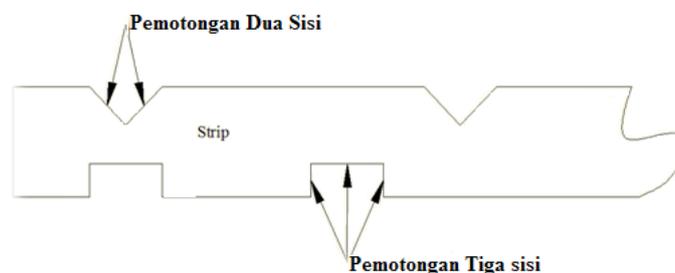
Merupakan proses pengerjaan material dengan tujuan mengambil proses produksi yang sesuai dengan *punch* yang digunakan untuk menembus atau dengan sistem penekanan. Pada umumnya proses ini dilakukan untuk membuat benda kerja dengan cepat dan berjumlah banyak dengan biaya murah.



Gambar 2.5 Proses *blanking*

c. *Notching*

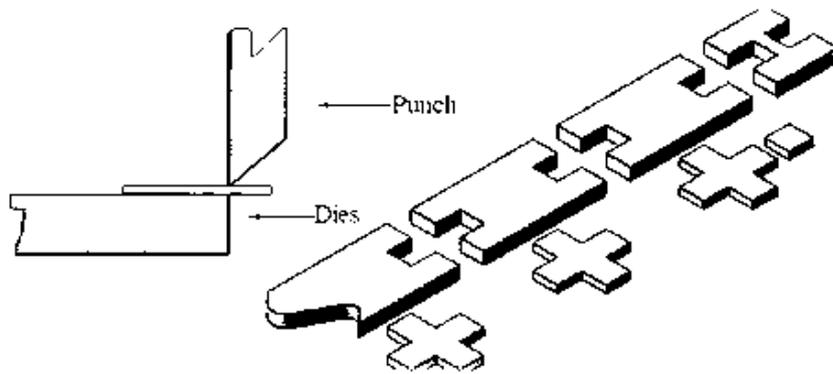
Notching adalah proses pemotongan oleh *Punch*, dengan minimal dua sisi yang terpotong, namun tidak seluruh sisi *punch* melakukan pemotongan. Tujuan dalam pemotongan ini adalah untuk menghilangkan sebagian material pada tempat-tempat tertentu yang diinginkan.



Gambar 2.6 Proses *notching*

d. *Parting*

Parting adalah proses pemotongan untuk memisahkan *blank* melalui satu garis potong atau dua garis potong antara komponen yang satu dengan komponen yang lain. Biasanya proses ini digunakan pada pengerjaan bentuk – bentuk *Blank* yang tidak rumit atau bentuk material yang sederhana.



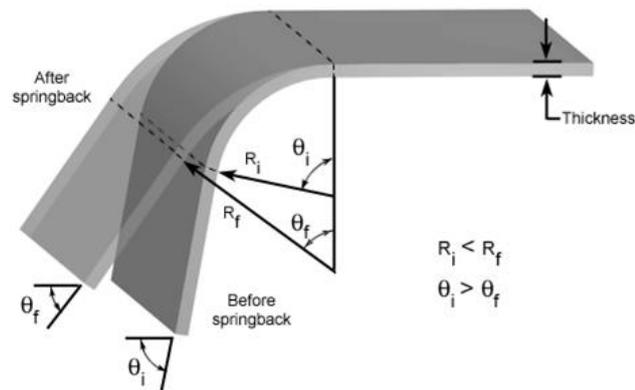
Gambar 2.7 Proses *parting*

2.4.2 *Forming Tool*

Yaitu proses pengerjaan material yang dilakukan tanpa pengurangan atau penghilangan, akan tetapi mengubah bentuk geometris benda kerja. Yang tergolong dalam *forming tool* antara lain adalah *bending*, *flanging*, *deep drawing* dan *curling*.

a. *Bending*

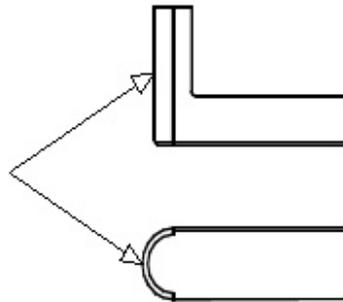
Proses *bending* merupakan proses pembengkokkan material sesuai dengan yang dikehendaki. Proses pembendungan dapat dilakukan pada proses dingin ataupun pada proses panas. Perubahan yang terjadi pada proses ini hanya bentuknya saja namun volume material yang dibandingkan akan tetap.



Gambar 2.8 Proses *bending*

b. *Flanging*

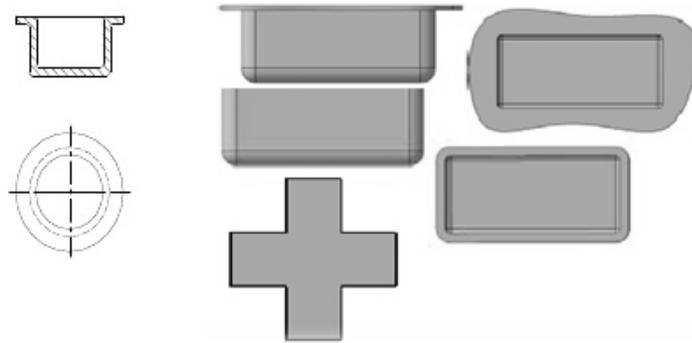
Flanging adalah proses yang menyerupai proses *bending*, hanya perbedaannya terletak pada garis bengkok yaitu bukan merupakan garis lurus namun radius. Seperti pada gambar dibawah:



Gambar 2.9 Proses *flanging*

c. *Deep drawing*

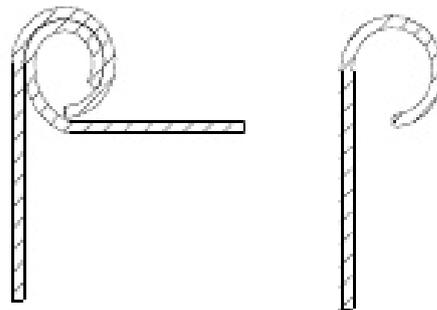
Deep drawing merupakan proses penekanan benda yang diinginkan dengan kedalaman cetakan sampai batas deformasi plastis. Tujuannya adalah untuk memperoleh bentuk tertentu dan biasanya tebal material akan berubah setelah proses ini untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 2.10 Proses *deep drawing*

d. *Curling*

Curling merupakan proses pembentukan profil yang dilakukan pada salah satu ujung material.



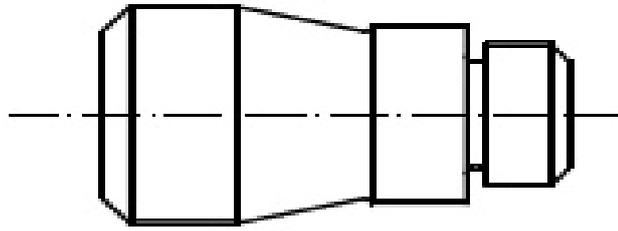
Gambar 2.11 Proses *curling*

2.5 Bagian-bagian *Press Tool*

Press tool merupakan satu kesatuan dari beberapa komponen. Komponen-komponen antara lain :

a. Tangkai pemegang (*Shank*)

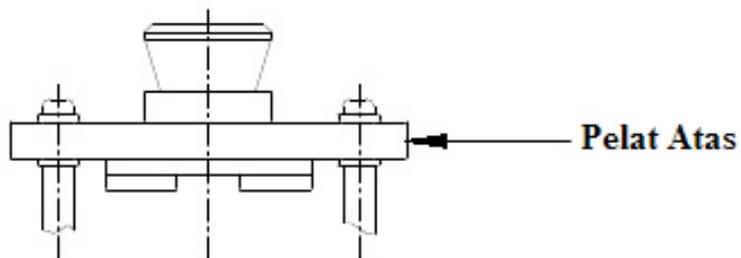
Tangkai pemegang merupakan suatu komponen alat bantu produksi yang berfungsi sebagai alat mesin penekan dengan pelat atas. *Shank* biasanya terletak pada titik berat yang dihitung berdasarkan penyebaran gaya-gaya potong dan gaya-gaya pembentukkan dengan tujuan untuk menghindari tekanan yang tidak merata pada pelat atas.



Gambar 2.12 Shank

b. Pelat atas (*Top plate*)

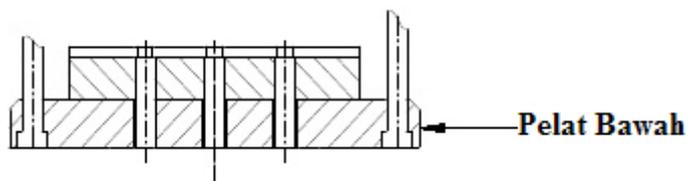
Merupakan tempat dudukan dari *shank* dan *guide bush* (sarung pengarah).



Gambar 2.13 Pelat atas

c. Pelat bawah (*Bottom Plate*)

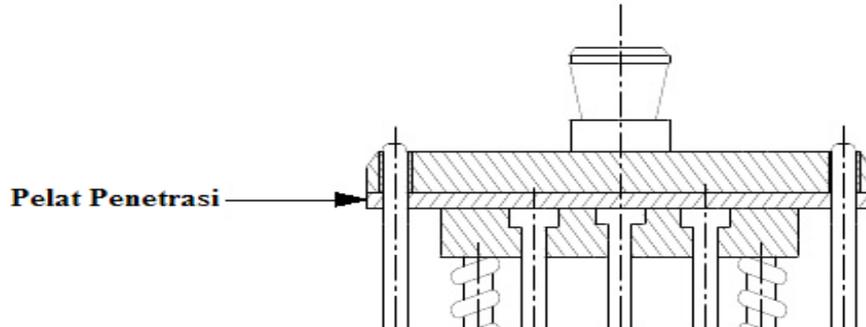
Pelat bawah merupakan dudukan dari *dies* dan Tiang Pengarah Sehingga mampu menahan gaya proses.



Gambar 2.14 Pelat bawah

d. Pelat penetrasi

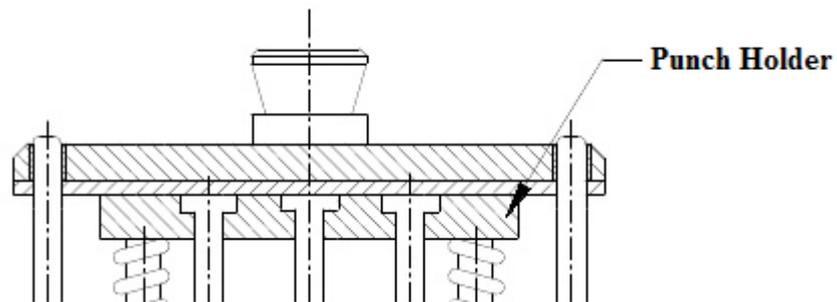
Pelat penetrasi berfungsi untuk menahan tekanan balik saat operasi berlangsung serta untuk menghindari cacat pada pelat atas.



Gambar 2.15 Pelat penetrasi

e. Pelat pemegang *punch* (*Punch holder plate*)

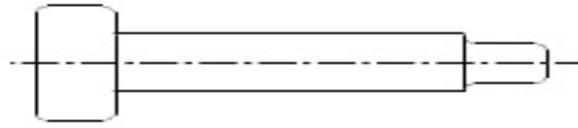
Pelat pemegang *punch* berfungsi untuk memegang *punch* agar posisi *punch* kokoh dan mantap pada tempat nya.



Gambar 2.16 *Punch holder*

f. *Punch*

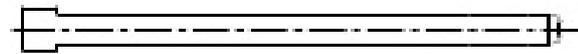
Punch berfungsi untuk memotong dan membentuk material menjadi produk jadi. Bentuk dari benda jadi tergantung dari bentuk *punch* yang dibuat. *Punch* haruslah dibuat dari bahan yang mampu menahan gaya yang besar sehingga tidak mudah patah dan rusak.



Gambar 2.17 *Punch*

g. Tiang pengarah (*Pillar*)

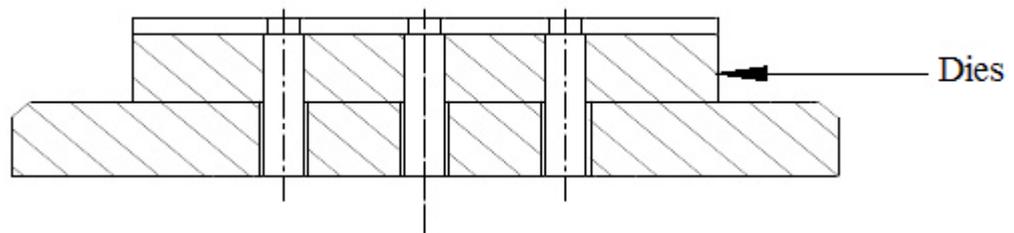
Tiang pengarah berfungsi mengarahkan *unit* atas, sehingga *punch* berada tepat pada *dies* ketika dilakukan penekanan.



Gambar 2.18 *Pillar*

h. *Dies*

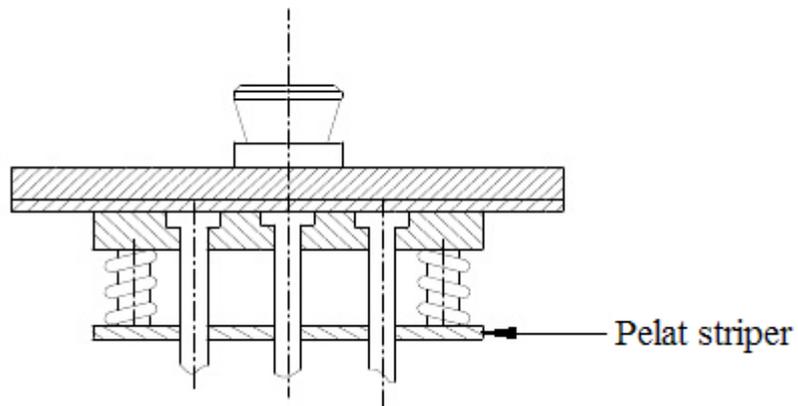
Dies terikat pada pelat bawah dan berfungsi sebagai pemotong dan sekaligus sebagai pembentuk. Pada perencanaan alat bantu produksi ini untuk *dies* dipilih bahan dari amutit.



Gambar 2.19 *Dies*

i. Pelat *stripper*

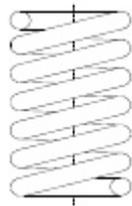
Pelat *stripper* adalah bagian yang bergerak bebas naik turun beserta pegas yang terpasang pada baut pemegangnya. Pelat ini berfungsi sebagai pelat penjepit material pada saat proses berlangsung, sehingga dapat menghindari terjadinya cacat pembentukan permukaan benda kerja seperti kerut dan lipatan, juga sebagai pengarah *punch*.



Gambar 2.20 Pelat *stripper*

j. Pegas *stripper*

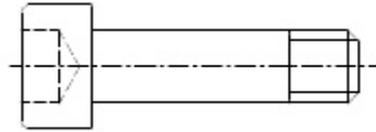
Pegas *stripper* berfungsi untuk memberikan tekanan pada pelat *striper* sewaktu pelat atas menekan pegas. Pada perencanaan alat bantu Produksi ini pegas *stripper* dipilih dari standar FIBRO No. 241.07.26.045.



Gambar 2.21 Pegas *stripper*

k. Baut pemegang

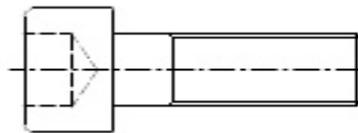
Baut pemegang berfungsi sebagai tempat melekatnya pegas *stripper* dan mengikat pelat *stripper* terhadap pelat atas.



Gambar 2.22 Baut pemegang

l. Baut pengikat

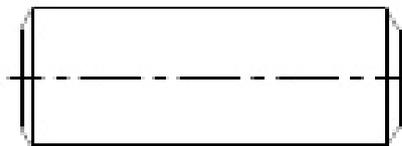
Baut pengikat berfungsi untuk mengikat *dies* ke pelat bawah dan pelat atas pemegang *punch* ke pelat atas.



Gambar 2.23 Baut pengikat

m. Pin penepat

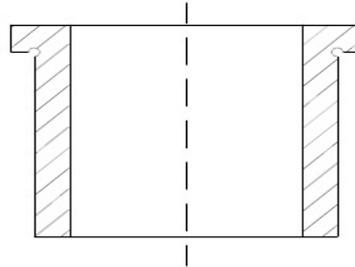
Pin penepat berfungsi untuk menepatkan *dies* pada pelat bawah dan pelat pemegang *punch* ke pelat atas, sehingga posisi *dies* ke pelat bawah dan posisi pelat pemegang *punch* ke pelat atas dapat terarah dan kokoh.



Gambar 2.24 Pin penepat

n. Sarung pengarah (*Bush*)

Sarung pengarah berfungsi untuk mengarahkan tiang pengarah dan mencegah cacat pada pelat atas.



Gambar 2.25 Sarung pengarah (Bush)

2.6 Dasar–dasar Perhitungan

Dalam perencanaan alat bantu produksi ini dibutuhkan dasar – dasar perhitungan yang menggunakan rumus–rumus sebagai berikut :

2.6.1 Perhitungan Gaya dan Titik Berat

a. Perhitungan gaya potong

$$F = 0,8 \times U \times S \times Rm$$

Dimana :

F = Gaya potong (N)

U = Panjang garis pemotongan (mm)

S = Tebal benda kerja (mm)

Rm = Tegangan tarik bahan yang dipotong (N/mm²)

b. Perhitungan gaya *embossing*

$$Fp = Aproj \cdot Rm$$

$$Wp = 0,5 \cdot Fp \cdot t$$

Dimana :

Fp = Gaya *embossing* (N)

Aproj = Luas proyeksi (luas bentuk stamping) mm²)

Rm = Tegangan tarik bahan (N/ mm²)

Wp = Usaha/ kerja (Nmm)

t = Tinggi hasil stamping (mm)

c. Perhitungan gaya pegas *stripper*

Gaya pegas *stripper* yang bekerja pada alat *progressive tool* berkisar antara 5% ÷ 20% dari gaya total, jadi pegas yang digunakan dapat dicari dengan rumus :

$$F_{sp} = (5\% \div 20\%) . F_{total}$$

$$F_{pg} = \frac{F_{sp}}{n}$$

Dimana :

F_{sp} = Gaya *stripper* (N)

F_{pg} = Gaya pegas (N)

F_{total} = Gaya total (N)

N = Jumlah pegas

d. Perhitungan Titik Berat

$$X_0 = \frac{\sum F_i . X_i}{\sum F_i}$$

$$Y_0 = \frac{\sum F_i . Y_i}{\sum F_i}$$

2.6.2 Perhitungan Ukuran

a. Perhitungan tebal *dies*

$$H_{min} = \sqrt[3]{F}$$

Dimana :

H_{min} = Tebal minimum dari *dies* (mm)

F = Gaya total terhadap penekanan *dies* (N)

Sehingga :

$$X_0 = \frac{Ft}{9,81}$$

» dimana Ft = F_{total} + F_{pg}

b. Perhitungan panjang punch yang direncanakan

Didasarkan pada : $L_p = t_h + (L_{pgs} - 5) + (t_{st} - 1)$

Dimana :

L_p = Panjang *punch*

t_h = Tebal *punch holder*

L_{pgs} = Panjang pegas

t_{st} = Tebal pelat *stripper*

c. Tinjauan terhadap *punch*

- Panjang *punch* maksimal

$$L_{max} = \sqrt{\frac{\pi^2 E x I}{F_{pt}}}$$

Dimana :

L_{max} = Panjang *punch* maksimum (mm)

E = Modulus elastisitas *punch* (N/mm)

I = Momen Inersia (mm²)

F_{pt} = Gaya potong *punch* terkecil (N)

- Gaya Bucking

Batang *punch* cenderung untuk melengkung dan akibatnya akan timbul momen. Gejala seperti ini disebut *buckling*. Besarnya gaya *buckling* dilihat dari kerampingan, yaitu :

$\lambda \geq \lambda_0$, Digunakan rumus Euler

$\lambda < \lambda_0$, Digunakan rumus Tetmejer

$$\lambda = \frac{S}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Dimana :

S = Panjang batang

A = Luas penampang

I = jari – jari girasi

λ = Kerampingan

I = Momen Inersia

Apabila ternyata rumus yang digunakan adalah rumus Tetmejer, maka rumusnya adalah :

Tabel 2.1 Harga–harga pada rumus Tetmejer

Bahan	E (N/ mm ²)	λ_0	Rumus tetmejer
ST 37	210.000	105	$\sigma_B = 310 - 1,14 \lambda$
ST 50 dan ST 60	210.000	89	$\sigma_B = 335 - 0,6 \lambda$
Besi Tuang	100.000	80	$\sigma_B = 776 - 112 \lambda + 0,053 \lambda^2$

Apabila yang dipakai adalah rumus euler, maka rumusnya adalah sebagai berikut :

Dimana :

F_B = Gaya *buckling* (N)

E = Modulus elastisitas (N/ m²)

I_{min} = Momen Inersia (m⁴)

S = Panjang *punch* (m)

Adapun harga S menurut kondisi ujung batang adalah :

Tabel 2.2 Harga S menurut kondisi ujung batang

No	Kondisi ujung batang	Panjang efektif	Harga pengali dari ujung kolom berengsel
1	Kedua ujung berengsel	L	1
2	Salah satu berengsel, yang lain dijepit	$0,7 L$	2
3	Kedua ujung dijepit	$0,5 L$	4

4	Salah satu bebas yang lain dijepit	2 L	$\frac{1}{4}$
5	Salah satu atau keduanya dijepit secara paralel	Antara 1 dan 0,5 L	Antara 1 ÷ 4

Jadi, secara sederhana dapat dikatakan cara menemukan gaya *Bucling* adalah sebagai berikut :

1. Hitung harga momen Inersia.
2. Tentukan luas penampang *punch* terkecil.
3. Hitung jari-jari girasi.
4. Tentukan angka kerampingan dan bandingkan dengan angka kerampingan. pada tabel rumus angka tetmejer, jika $\lambda \geq \lambda_0$, maka gunakan rumus euler. Jika tidak, gunakan rumus tetmejer.
5. *Control factor* keamanan.
6. jika factor keamanan terlalu kecil, mulai lagi dari no. 4

d. Kelonggaran antara *punch* dan *dies*

Merupakan jarak antara *punch* dan *dies* untuk mengkompensasikan aliran dari penarikan material.

$$U_s = c \cdot s \sqrt{\frac{\tau b}{g}}$$

Dimana :

U_s = Kelonggaran Punch dan Dies (mm)

c = Faktor kerja (2% ÷ 4%)

s = Tebal pelat (mm)

τb = Tegangan geser bahan (N/mm²)

g = Gaya gravitasi (kg m/s²)

e. Perhitungan kedalam sisi potong pada *dies*

$$h = 2 \div 3 \times s \text{ (bila } s < 2\text{mm) ..}$$

f. Perhitungan pelat atas

Pada pelat atas akan terjadi tegangan bengkok yang diakibatkan gaya-gaya reaksi dari *punch*. Besarnya tegangan yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{\tau t}{v}$$
$$h = \sqrt{\frac{6xMb \text{ maksimum}}{bx\tau t}}$$

Dimana :

h = Tebal pelat (mm)

Mb maks. = Momen bengkok maksimum

b = Panjang pelat atas yang direncanakan (mm)

τt = Tegangan tarik izin (N/mm²)

v = Faktor keamanan

Untuk merencanakan pelat bawah sama dengan perencanaan pelat atas, yaitu dengan memperhitungkan momen yang terjadi pada pelat bawah.

g. Perhitungan Pelat Penetrasi

$$h = \frac{F}{L.\tau t}$$

Dimana :

h = Tebal pelat penetrasi (mm)

τt = Tegangan tarik izin (N/mm²)

F = Gaya potong pada *punch* terkecil (N)

L = Keliling potong sisi *punch* terkecil (mm)

h. Perhitungan diameter *pillar*

Pada perencanaan ini diameter *pillar* dihitung agar tidak terjadi bengkok, karena pelat atas dan pelat bawah ada kemungkinan presisi sehingga akan terjadi kelengkungan sewaktu pengerjaan berlangsung. Diameter tiang pengarah tersebut dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F_{gp}}{\pi \times \sigma_t}}$$

Dimana :

$$F_{go} = \frac{F_t}{n}$$

n = Jumlah *pillar*

F_t = Gaya Total

- i. Baut pengikat pelat bawah dan *dies*

Perencanaan baut pengikat pelat bawah dan *dies* dapat dilihat dari tabel standar baut pengikat yang disesuaikan dengan tebal *dies* yang direncanakan.

Tabel 2.3 Standar baut pengikat

Ukurzan Baut	Jarak Minimum	Jarak Maksimum	Tebal <i>Dies</i>
M5	15	50	10 ÷ 18
M6	25	70	15 ÷ 25
M8	40	90	22 ÷ 32
M10	60	115	27 ÷ 38
M12	80	150	38 <

- j. Perhitungan Jarak lubang *dies* dengan baut pengikat dan pin

$$F = 2.d$$

Dimana :

d = Diameter lubang baut (mm)

- k. Perhitungan jarak lubang baut dengan sisi dies

$$a_1 = (1,7 \div 2) d$$

Dimana :

d = Diameter lubang baut (mm)

2.6.3 Rumus–rumus Perhitungan Pengerjaan

Dalam perencanaan alat bantu produksi ini dibutuhkan waktu pengerjaan secara teoritik untuk memperkirakan waktu operasi ditentukan oleh jenis – jenis pengerjaan dan mesin – mesin yang digunakan, yaitu :

a. Rumus untuk perhitungan kapasitas produksi

Untuk menghasilkan alat bantu produksi ini adalah dengan mengatur gerak naik turun *punch* pemotong, dalam perencanaan ini ada *station*, dan dalam *station* tersebut naik turunnya *punch* memakan waktu tertentu. Untuk menghitung kapasitas produksi dilakukan dengan cara berikut :

$$\left(\text{Satu jam} \times \text{Lama kerja} \right) / \text{Waktu yang diperlukan untuk mendapatkan satu produk}$$

Untuk satu hari kerja, waktu yang digunakan adalah 7 jam kerja.

b. Rumus untuk perhitungan daya mesin *press*

Dalam setiap pemotongan membutuhkan daya, untuk menghitung daya mesin kita gunakan rumus:

$$P = 0,736 \frac{W/t}{750} \text{ KW}$$

Dimana :

$$W = \text{Usaha gaya potong} = 0,6 \cdot s$$

$$F_p = \text{Gaya potong total (kgf / mm}^2 \text{)}$$

$$S = \text{Tebal Pelat (mm)}$$

$$t = \text{Waktu pemotongan (Detik)}$$

c. Proses pengerjaan mesin *milling*

$$s = \frac{Vc \times 1000}{a \times b} \qquad Tm = \frac{L}{S}$$

$$\text{Untuk pemakanan kasar (} L = 1 + \frac{d}{2} + 2 \text{)}$$

$$\text{Untuk pemakanan halus (} L = 1 + d + 4 \text{)}$$

Dimana : S = *Feed* (mm/menit)
V = Kecepatan potong (m/menit)
a = Kedalaman pemakanan (mm)
b = Lebar benda kerja (mm)
T_m = Waktu permesinan (menit)
L = Panjang langkah *Cutter* (mm)
l = Panjang pemakanan (mm)
d = Diameter *Cutter* (mm)

d. Proses pengerjaan mesin bor

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = 1 + 0,3 d$$

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n}$$

Dimana : n = Putaran mesin (Rpm)
V_c = Kecepatan potong (m/menit)
d = Diameter Bor (mm)
T_m = Waktu permesinan (menit)
L = Panjang total pengeboran (mm)
S_r = Kcepatan pemakanan (mm/put)
l = Kedalaman pengeboran (mm)

e. Proses pengerjaan mesin bubut

- Bubut Muka :

$$n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{R}{Sr \times n}$$

Dimana :

N = Putaran mesin (Rpm)

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

D = Diameter benda kerja (mm)

Tm = Waktu permesinan (menit)

R = Jari-jari benda kerja (mm)

Sr = Kecepatan pemakanan (mm/put)

2.7 Heat Treatment

Heat treatment adalah perlakuan panas yang diberikan kepada logam secara terkontrol untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik yang diperlukan, dalam perencanaan ini proses *heat treatment* bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan pada komponen *punch* dan *dies* sehingga mendapatkan sifat potong yang sesuai. Adapun proses yang dilakukan mencakup *preheating*, *hardening*, dan proses *tempering*.

a. *Preheating*

Pada proses ini benda kerja dinaikkan suhunya ke suhu persiapan untuk menerima cukup panas sehingga perubahan fasa struktur kristal logam pada suhu rekristalisasinya dapat berlangsung.

b. *Hardening*

Proses ini bertujuan untuk mengubah struktur logam (ST 60/amutit) sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur *martensite* yang keras. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan logam sampai suhu tertentu antara (780-820) °C tergantung kadar karbon bahan kemudian ditahan pada suhu tersebut beberapa saat, lalu didinginkan secara mendadak dalam media air, oli, udara atau media pendingin lainnya. Dengan pendinginan mendadak maka tidak terdapat waktu untuk fase *austenit*, untuk berubah kembali

menjadi *pearlit*, *ferit*, dan *sementit*. Pendinginan yang cepat menyebabkan *austenit* berubah menjadi *martensit*.

c. *Tempering*

Proses *tempering* adalah proses memanaskan kembali logam yang telah dikeraskan untuk menghilangkan sifat getas pada logam namun mengurangi sifat keras pada logam, sehingga logam menghasilkan sifat keras dan kenyal. Proses *tempering* dilakukan pada suhu $(150-300)^{\circ}\text{C}$.